基于 BIM 的工程计量与数据交换应用研究

陈菁 余芳强 杨杰 匡思羽

（上海建工四建集团有限公司，上海 201103）

【摘　要】 本研究利用 BIM 技术实现工程造价中的成本管理，建立了我司在商务条线中基于 BIM 技术实现算量的技术方案。通过对比研究现行的建筑工程成本预算软件以及 BIM 构件的连接扣减关系，验证了 BIM 工程计量的准确性；根据工程量清单计价规则归纳总结了基于工程算量的 BIM 建模标准以及 BIM 构件的工程量数据交换标准。

【关键词】BIM；扣减关系；工程实物量；算量；数据共享

1 引言

BIM（建筑信息模型）包含着丰富数据、具有信息化、参数化特点的建筑数字化表示模型。随着 BIM 的推广运用，建筑信息模型的功能不仅仅局限在于三维的展示，包含准确构件信息的模型对算量统计占有很大优势。

基于 BIM 的自动化算量方法比传统手算更为准确和快速[1]。实际工程中的部件多数为不规则的体量，计算过程非常复杂，造价工程师很容易因为人为原因造成计算错误，BIM 的自动化算量工作得出的结果更为直观准确。而快速地得出计算结果能够及时反馈设计方案的成本，便于在整个工程的前期阶段对成本进行控制。

1.1 国外研究现状

在国外，BIM 技术发展较为成熟，在工程造价中应用更贴合市场需求。Fara j 等人开发了基于 Web 的项目数据工程环境，实现在工程项目中将预算、工程进度等信息集成共享[2]。Sheryl 等人将 IFC 标准应用与成本预算原型系统的开发，利用模型中构件的信息及属性自动匹配定额进行成本预算，实现智能化量价搭接。

而国外的工程量计算软件如 Vico、RIB iTWO 等基本为基于 5D 的 BIM 软件，在施工阶段可以进行成本与进度计划的管理。利用 BIM 模型与工期、费用成本相关联，实现在施工过程中各个条线的数据联动。

1.2 国内研究现状

【作者简介】陈菁(1989-)，女，中级工程师。主要从事 BIM 技术在建筑中的应用研究工作。

我国基于 BIM 技术的算量方式主要有以下三种方式[3]。

（1）直接使用 Revit 明细表统计计算构件工程量并输出为 Excel 文件，直接利用 BIM 软件的工程量统计功能。

（2）在 BIM 相关软件和成本预算软件之间建立应用程序接口（API），通过 API 接口从 BIM 中提取数据与造价软件对接，比如广联达、鲁班等软件。广联达使用 GFC 插件，将 BIM 导出成 GFC 文件，然后导入到广联达 GCL 软件中，运用广联达工程量计算程序生成工程量报表。鲁班软件同样也是将 BIM 导入自己的平台中。

（3）运用开放式数据库连接（ODBC）访问 BIM 数据库，以 BIM 软件为集成对象。比如新点比目云、ISBIM 等软件都是直接在 Revit 平台上开发，嵌入清单定额规则，直接访问模型的数据库，按照规则生成工程量报表。

对比国内外工程算量技术，国外软件更贴合集成软件，将算量、计价、合同管理等整个施工过程中的项目管理集合在同一个平台。而国内目前的技术只能解决单一问题，算量软件仅仅实现算量，无法与计价、进度实时交互。

我国目前的三种基于 BIM 技术的算量方案前两种的不足在于①Revit 软件内置算法不符合国内工程量计算规则，故不能直接使用 Revit 进行工程量统计。②使用传统造价软件则造成数据的封闭性，且沿用 BIM 模型容易在模型交互时导致模型缺失移位等问题。

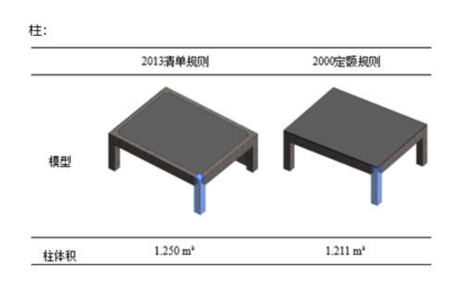
根据我司研发的智慧建造平台采用直接使用模型提取的量，再于平台中与价进行匹配；既保证了模型的复用率也实现了工程量数据与价格数据的集成与汇总，更为贴近国外的技术，形成基于 5D—BIM 技术的施工阶段的成本控制与造价管理。故本次研究采用使用 Revit 算量插件来实现 BIM 的工程量计算。

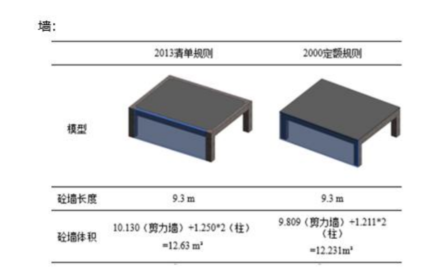
2 基于 BIM 的工程量计算软件对比研究

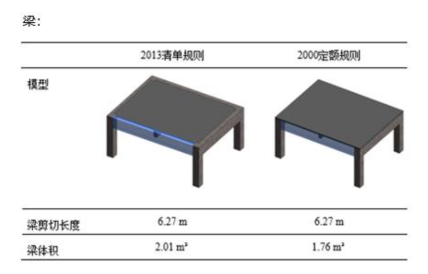
通过对基于 BIM 技术的工程量计算三种方式展开对比研究，验证本研究采用通过 BIM 模型得出符合算量规则的实物工程量并匹配清单编码输出分部分项工程量清单、措施项目清单等信息的研究技术路线。

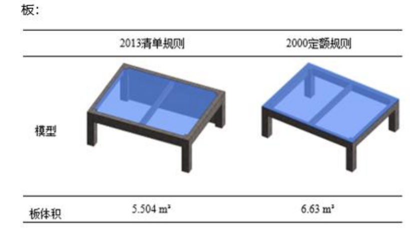
2.1 基于 Revit 的单构件工程量研究

在清单和定额计算规则下模型的工程量是不同的，根据清单规定竖向构件如墙、柱等尺寸按层高布置，而定额规定竖向构件尺寸按自板底标高起的净高布置。依据《GB50854-2013 房屋建筑与装饰工程工程量计算规范》，在 Revit 软件中，根据清单与定额不同的计算规则对 Revit 建立的模型构件进行修改连接关系，确保模型中的构件有正确的扣减关系，从而对不同计算规则下的模型分别进行算量的统计。









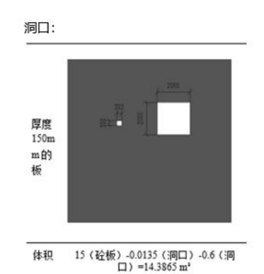


图 1 Revit 软件中对单个构件的工程量研究

通过 Revit 中的命令“连接”——“切换连接顺序”，可以实现改变构件之间的优先权，构件扣减设定，得出的工程量符合规范要求，但此步骤在实际工程运用中非常繁琐，无法满足现场工作。对于小于 0.3 平方米的孔洞、构造柱此类构件，无法满足算量计算规则；对于不建立模型的构件如模板、粉刷层、脚手架、屋面防水层等项目 Revit 则无法计量。

Revit 模型中构件的工程量代表了构件的几何物理属性[4]，同时软件自带部分工程量扣减规则，但受到构件建模顺序，建模精度等影响，无法保证完全符合计算规则，使得直接使用 BIM 设计软件统计工程量困难重重。

2.2 现有 BIM 算量软件对比

在本文中对比了几款算量软件，如表 1 所示。

算量软件名称	开发平台	与BIM对接程度	格式
广联达BIM算量软件	自主开发平台	通过将Revit模型导入广联达自身的平台进行算量，模型中复杂异形构件导入不太准确	.gfc
鲁班BIM算量软件	CAD平台	通过将Revit模型导入鲁班的平台进行算量，模型中复杂异形构件导入不太准确	.eng
新点比目云5D算量	Revit平台	将Revit模型映射成算量模型进行算量	.rvt
ISBIMQS	Revit平台	将Revit模型映射成算量模型进行算量	.rvt

表 1 BIM 算量软件对比

通过对一般的工程造价算量软件对比研究，广联达、鲁班这样的软件商在其内部不同软件之间的数据的交互能够保证数据的完整性、快速性，但与外部软件的交互性较差，出现较多的错误与遗漏现象。其次，所得的工程量为静态工程量，模型中不涵盖时间信息、进度信息、成本信息、材料管理等具有时态性的工程造价信息。

我司用于施工阶段的造价管理方式主要基于自主研发的智慧建造平台中商务条线来实现自动产值计报、汇总形成台账。而广联达、鲁班等软件都采用专用文件格式进行存储，这些封闭式的数据无法对接平台中的数据库，故在本研究中采用了 ODBC 方式实现 BIM 技术的工程量计算。

对比新点比目云软件与 ISBIMQS 软件，两者都是基于 Revit 软件开发的算量插件，可实现的基本功能相似。通过研究工程量计算的详细公式，得出新点比目云工程计量的准确性较高。并通过新点插件计算得出的工程量符合算量扣减规则，对于在 Revit 模型中不便于体现的构件但在工程造价中需要统计的数据，比如模板、脚手架、装饰面层等通过算量插件实现准确出量，解决了 Revit 软件对算量的局限性。本文研究利用算量插件实现基于 BIM 模型的工程算量技术路线图如下。

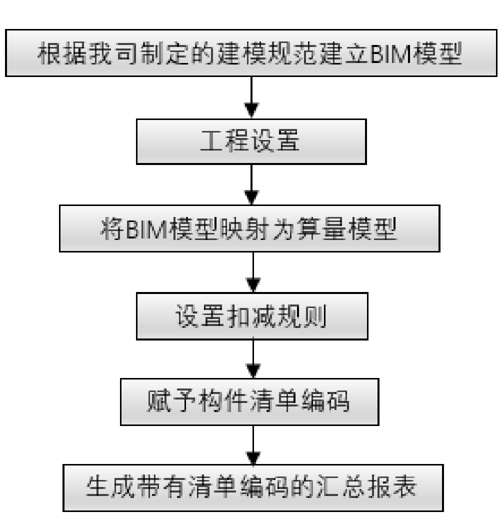


图 2 基于 BIM 技术实现算量的技术方案

2.3 新点比目云与广联达软件对模型工程量统计对比研究

广联达的数据虽然封闭不能导出使用，但作为目前造价工作中最主流的计算软件，其模型工程量的计算准确度是公认的，故本次研究主要通过新点比目云软件与广联达计算的工程量做对比研究来验证利用 BIM 算量插件的计算准确性。以下具体取 B3 层对各类构件进行实物量对比。

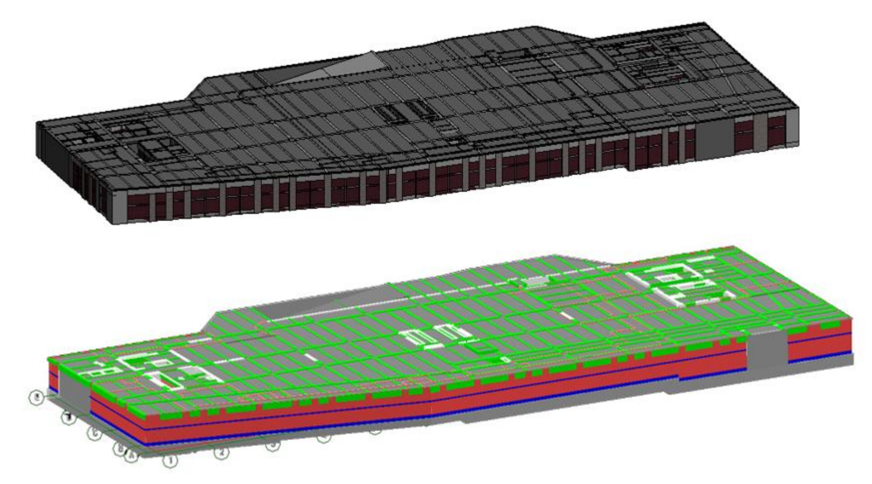


图 3 B3 层 BIM 模型与广联达模型

通过对具体建出的模型（如梁、板、柱、墙等）、简化模型（如构造柱等）与不建立的模型（如装饰面层、模板等）进行对比研究。

序号	名称	计量单位	广联达计算工程量	新点比目云计算工程量	相差率
1	一结构混凝土量	m^3	2909.91	2901.54	0.28%
2	一结构现浇砼模板 模板	m^2	14243.47	14265.63	0.15%
3	二结构混凝土量	m^3	215.99	211.82	1.9%
4	二结构现浇砼模板 模板	m^2	2344.63	2246.45	4.1%
5	砂浆砌砼砌块	m^3	646.34	645.86	0.07%
6	装饰粉刷面积	m^2	22696.49	23602.64	3.99%

表 2 工程量对比表

在 Revit 软件中建立实体模型的情况下，一结构构件的混凝土实物工程量误差率在±1%以内，利用新点算量插件解决了 Revit 软件无法实现的自动扣减关系以及不符合算量规则的问题，利用 BIM 实现了模型体积工程量的准确计算。

而在不建立实体模型的情况下，一结构的模板面积误差率在±1%以内，但二结构的模板面积误差率相差较大。主要原因在于二结构的构造柱为简化模型，算量插件通过读取原模型自动生成算量模型后再对其表面积进行计算；而圈梁、过梁为自动生成的模型从而导致模型误差。误差相对较大的为装饰结构的粉刷层工程量，计算误差在 4%以内，主要原因在于其包含面比较复杂。但对比目前计算软件以及项目上手动计算装饰工程量，此类误差在商务部门可以接受范围之内。故得出结论基于 BIM 的工程算量符合工程造价的应用。

3 支持算量的 BIM 模型建模规范研究

自动化算量的准确与否最重要取决于模型的规范建模，为分析确定算量软件对 Revit 模型的建模要求，按构件之间的连接和扣减关系，依次研究了 BIM 构件布置的正确方法并建立确认了具有算量功能的 BIM 建模规则。通过对模型拆分、模型精度控制、构件规范布置

等三方面制定了我司基于工程算量要求的建模规范，通过规范建模保证模型的准确度。

（1）模型拆分

模型拆分按单位工程、楼层、专业依次划分。在楼层划分中按照实际工程中楼层标高，分别按楼层定义绘制其所在标高构件。当前层的夹层应建入当前层与当前层共同参与算量，升降板、上翻梁等非当前层标高但在当前层设计施工图中表示的构件应建入当前层与当前层共同参与算量。

（2）模型精度控制

基于实现工程量计算的 BIM 构件精度定为 LOD300，构件应包含几何尺寸、材质等属性。BIM 的工程算量的准确程度取决于模型实际外形的几何信息；而项目中工程量统计一般按级配划分后套入不同的单价，故在模型中需对构件添加准确的材质信息。

（3）构件规范布置

本研究对模型的建立进行分部分项工程精细到构件级别提出标准规范：1）模型规范命名时要求建模的构件一般需要按照种类、规格、材料分开，构件类型名称按照施工图纸命名；2）规范模型布置是指在模型建立时规定了有些无法在属性明确的构件类型如栈桥、支撑、导墙等构件用其他类型的族表示；3）规范了模型布置的方式，比如板洞按照板洞布置，而非板边线编辑等。在构件搭接时明确了各个构件之间的连接关系，确保在无需手动调整的情况下算量软件可以实现自动扣减。

4 基于 BIM 的工程量数据共享技术

根据项目上工程预算中分部分项工程的实物量具体定义BIM模型中需要导出的模型属性信息，形成工程量输出的标准化，将清单工程量与我司开发的建造智慧平台中商务部分数据对接。实现利用 BIM 技术在工程造价中的应用。

将 Revit 模型的工程量形成报表统计与智慧管理平台相联接，而报表统计的方式多样，确保统计的内容充分完整并规范格式，即满足造价工程中对量统计的要求也必须可以与平台中模型进行关联。统计方式主要根据模型的分类按单位工程、楼层、专业、构件级别统计，统计的内容带有模型构件数据以及工程量数据。

（1）清单与模型的匹配

基于 Revit 的算量软件一般内置国家及各省市的定额库，在对 Revit 模型进行算量前，应先设置中国的清单类型，根据新点比目云软件，总结清单与模型匹配的流程如 **Error! Reference source not found.**所示。

指定输出的工程量清单符合我国国标《建设工程工程量清单计价规范》（GB50500-2013）和其他建设定额对建筑物构件分类、编码和工程量计算规则的规定[5]。每一个工程量清单子目支持编辑计算公式，计算公式涵括构件的几何形状、标高、尺寸和工程属性等信息。通过复制做法将同一类型的构件套用同个工程量清单编码。

（2）工程量输出交换标准

模型工程量按照标准格式输出，如表 3 所示。以 Excel 格式录入我司自行开发的智慧管理平台，主要通过对应每个构件的 ElementID 和属性信息自动建立平台中的 BIM 模型构件与预算中清单编码的关系。

通过软件自带统计报表分类分为工程量与指标报表两大类，导出表格包含 5 列，类似于分部分项工程量清单编制要求，包括项目编码、项目特征、工程量、工程单位、分组编号。

下表对应内容	备注
构件名称	
构件ID	
混凝土强度等级	体积清单中注明
体积清单	末尾为清单的不可同时出现，仅有一项
模板（木）清单	

表 3 工程量输出交换标准

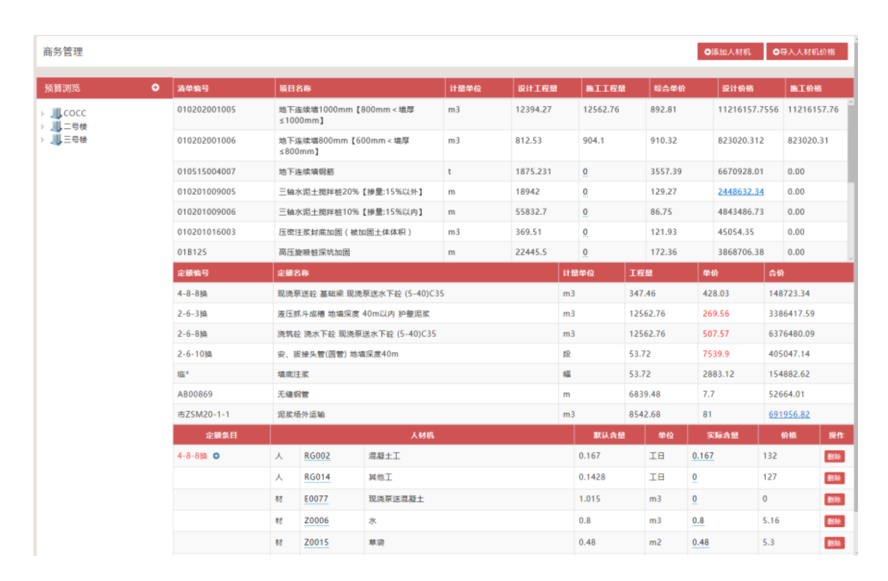
项目编号	项目名称(含特征描述)	工程数量	单位
010202010001	钢筋混凝土支撑 1.构件名称:QL1-C30-1200x800; 2.构件ID:253704; 3.混凝土强度等级:C30; 4.体积清单:10202010005;	12.51	m3
011702025001	其他现浇构件 1.构件名称:QL1-C30-1200x800; 2.构件ID:253704; 3.模板（木）清单:11702025004;	18.67	m2

图 4 工程量导出样例

5 应用论证

本研究背景工程是上海市轨道交通网络运营指挥调度大楼，建设用地面积 10669.3 平方米。该项目工程结构选型为混凝土框架—剪力墙结构，顶部两层大空间采用钢结构，项目为地上九层、地下三层的高层建筑。利用 BIM 模型计算一结构、二结构与部分装饰的量并与传统算量作对比研究，得出在规范建模的条件下，基于 BIM 的工程量计算结果可用于项目预算中。而工程实物量的数据通过 BIM 计算得出的结果能够按分部分项工程的清单导出，录入企业项目智慧管理平台。

此项目研究验证了基于 BIM 的工程量与商务部门产值计报工作的对接。目前在项目上的造价工程师估算和概算一般用 EXCEL 作为工具，每个月需要填写大量的表单，这些工作零碎且繁琐。而我司研发的智慧管理平台通过收集项目上的实际施工数据，如计划进度、实际进度、中标预算、分包合同等，录入智慧建造平台。一键生成产值报表、分建成本。施工台帐随报表上报后自动统计、整理、汇总，形成结构性、系统性的台帐记录，代替了造价人员在阶段性成本控制中反复的计算、审核、汇总等工作内容，真正意义上地借助 BIM 技术实现自动化、智能化工程造价管理，节省从业人员工作时间与精力。



商务管理

⊕添加人材机 ⊕导入人材机价格

预算浏览

COCC
二号楼
三号楼

清单编号	项目名称	计量单位	设计工程量	施工工程量	综合单价	设计价格	施工价格
010202001005	地下连续墙1000mm【800mm＜墙厚≤1000mm】	m3	12394.27	12562.76	892.81	11216157.7556	11216157.76
010202001006	地下连续墙800mm【600mm＜墙厚≤800mm】	m3	812.53	904.1	910.32	823020.312	823020.31
010515004007	地下连续墙钢筋	t	1875.231	0	3557.39	6670928.01	0.00
010201009005	三轴水泥土搅拌桩20%【掺量:15%以外】	m	18942	0	129.27	2448632.34	0.00
010201009006	三轴水泥土搅拌桩10%【掺量:15%以内】	m	55832.7	0	86.75	4843486.73	0.00
010201016003	压密注浆封底加固（被加固土体体积）	m3	369.51	0	121.93	45054.35	0.00
01B125	高压旋喷桩深坑加固	m	22445.5	0	172.36	3868706.38	0.00

定额编号	定额名称	计量单位	工程量	单价	合价
4-8-8换	现浇泵送砼 基础梁 现浇泵送水下砼 (5-40)C35	m3	347.46	428.03	148723.34
2-6-3换	液压抓斗成槽 地墙深度 40m以内 护壁泥浆	m3	12562.76	269.56	3386417.59
2-6-8换	浇筑砼 浇水下砼 现浇泵送水下砼 (5-40)C35	m3	12562.76	507.57	6376480.09
2-6-10换	安、拔接头管(圆管) 地墙深度40m	段	53.72	7539.9	405047.14
临*	墙底注浆	幅	53.72	2883.12	154882.62
AB00869	无缝钢管	m	6839.48	7.7	52664.01
市ZSM20-1-1	泥浆场外运输	m3	8542.68	81	691956.82

定额条目	人材机			默认含量	单位	实际含量	价格	操作
4-8-8换	人	RG002	混凝土工	0.167	工日	0.167	132	删除
	人	RG014	其他工	0.1428	工日	0	127	删除
	材	E0077	现浇泵送混凝土	1.015	m3	0	0	删除
	材	Z0006	水	0.8	m3	0.8	5.16	删除
	材	Z0015	草袋	0.48	m2	0.48	5.3	删除

图 5 我司智慧建造平台商务管理界面

6 研究总结

本研究旨在探究现有造价管理的工作流程中运用 BIM 技术的适宜性与可行性[6]，对 BIM 技术的核心建模技术以及模型的扣减关系分别作了理论和实证的研究，得到以下总结：

（1）针对算量要求对 Revit 建模提出了规范用来指导对模型的正确建立。建立相应的工作模式、技术标准、指导方案从而改变造价从业人员花费大量时间在工程量计算的现状。

（2）通过利用算量插件实现了工程量自动计算。通过对比测试了 Revit 软件对构件在不同的建模条件下的计算结果以及分析研究了扣减规则，实现了利用 BIM 算量的准确性。解决了 BIM 软件建模能力有限的问题。

（3）利用算量插件自带的清单库对构件的实物工程量自动赋予清单编码匹配我司开发的智慧平台中的定额库与综合单价，实现了数据共享。一键生成各种产值、台账报表，真正意义上节省造价员的时间。

参 考 文 献

[1] 徐信丰,周峰.浅谈 BIM 技术推造价管理的变革[J]. 工程经济, 2014(12):6-9.

[2] 郭勇.BIM 在建筑工程算量中的研究及应用简述[J]. 预算造价, 2015(7).

[3] 林韩涵,周红波,何溪.基于 BIM 设计软件的工程量计算实现方法研究[J]. 建筑经济, 2015(4):59-62.

[4] 张春影,高平,等施工图设计阶段 BIM 模型的工程算量问题研究[J]. 建筑经济, 2015(8):52-56.

[5] 赵雪媛,董娜.基于 BIM 的工程量清单及资源计划编制研究[J]. 工程经济, 2016(4) .

[6] 张树捷.BIM 在工程造价管理中的应用研究[J]. 建筑经济, 2012(02):20-24.

Research on Application of Engineering Measurement and Data Exchange Based on BIM

Chen Jing , Yu Fangqiang , Yang Jie , Kuang Siyu

（Shanghai Construction No.4(Group)Co.,LTD.， Shanghai 201103,China）

Abstract： This research uses BIM technology to realize the cost management in engineering cost, and establishes the technical scheme of our company to realize the calculation based on BIM technology in the business line. By comparing the current construction cost budgeting software and the connection deduction relationship of BIM components, the accuracy of BIM engineering measurement is verified. According to the engineering quantity list pricing rules, the BIM modeling standards based on engineering calculations and BIM components are summarized. Engineering quantity data exchange standard.

Key Words： BIM；Deduction relationship；Engineering quantity；Calculation；data sharing